UNIVERSITÀ DI PISA

NONPERTURBATIVE APPROACHES TO QUANTUM FIELD THEORIES / ASPETTI NON PERTURBATIVI DELLE TEORIE DI CAMPO QUANTISTICHE

ETTORE VICARI

Academic year	2022/23
Course	FISICA
Code	358BB
Credits	9

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
ASPETTI NON PERTURBATIVI DELLE TEORIE DI CAMPO QUANTISTICHE	FIS/02	LEZIONI	54	STEFANO BOLOGNESI MASSIMO D'ELIA ETTORE VICARI ALESSANDRO VICHI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze
Il corso "Aspetti non perturbativi delle teorie di campo quantistiche" intende approfondire gli approcci piu' importanti che vengono utilizzati nella fisica teorica per ottenere informazioni fisiche in teorie interagenti dove gli accoppiamenti non sono deboli, quindi la teoria delle perturbazioni non fornisce risultati affidabili. Nel contesto della teoria delle interazioni fondamentali, questo succede per la teorie delle interazioni forti (Cromodinamica Quantistica) dove l'accoppiamento e' grande alle energie tipiche della fisica degli adroni. Analogamente, approcci non-perturbativi sono richiesti nell'ambito della teoria dello stato condensato e dei fenomeni critici, dove i sistemi sono generalmente fortemente accoppiati.

Modalità di verifica delle conoscenze
L'accertamento delle conoscenze sara` basato su una discussione critica con il candidato riguardante gli argomenti del corso.

Capacità
Al termine del corso lo studente avra` acquisito conoscenze approfondite su alcuni argomenti avanzati di fisica teorica e padronanza di alcune tecniche utilizzate negli approcci non-perturbativi.

Modalità di verifica delle capacità
L'accertamento sara` basato su una discussione critica con il candidato riguardante gli argomenti del corso.

Comportamenti
NA

Modalità di verifica dei comportamenti
NA

Prerequisiti (conoscenze iniziali)
Teoria quantistica dei campi.

Indicazioni metodologiche
Lezioni frontali
Appunti dei docenti e/o articoli di rassegna resi disponibili su elearning

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il corso e` diviso in 4 parti, ognuna corrispondente a 3 CFU, che sono legate fra loro dal linguaggio, dagli strumenti e da vari altri aspetti comuni, ma sono comunque autoconsistenti.

(1) SOLITONI TOPOLOGICI NELLE TEORIE DI CAMPO (Stefano Bolognesi)

Vengono discusse varie soluzioni di teorie di campo con topologia non banale, i loro aspetti matematici e la loro importanza in vari fenomeni fisici di tipo non-perturbativo. Una lista piu` specifica degli argomenti trattati e` la seguente:

-Domain walls and Bogomolny equation
-Elements of topology and homotopy groups
-Sigma models and Skyrme model
-Dirac and Wu-Yang monopoles
-Abrikosov-Nielsen-Olesen vortices
-'t Hooft-Polyakov monopole
-BPS solutions and moduli spaces
-Instantons in quantum mechanics
-Instantons in Yang-Mills Theories

(2) LATTICE FIELD THEORY (Massimo D'Elia)

Si approfondiscono le formulazioni non-perturbative
delle teorie di campo quantistiche in D dimensioni spaziali basate su
regolarizzazioni in uno spazio-tempo discretizzato (reticolo), dove il
limite del continuo si realizza nel limite critico di teorie statistiche
in D+1 dimensioni euclidee. Siamo nell'ambito delle cosiddette
Lattice Field Theories. In particolare, viene presentata la formulazione
su reticolo della QCD, che permette di ottenere risultati non-perturbativi
utilizzando tecniche numeriche tipiche delle teorie statistiche.
Vengono approfondite, in particolare, le seguenti problematiche:

i) formulazione di teorie con fermioni e realizzazione della simmetria chirale su reticolo;
ii) aspetti non-perturbativi del vuoto di QCD (proprieta` topologiche e confinanti);
iii) studio del diagramma di fase della QCD.

(n.b.: non verranno discussi gli aspetti piu` propriamente algoritmici e
numerici legati alla simulazione delle lattice field theories,
che sono trattati in altri corsi (Metodi Numerici della Fisica))

(3a) RENORMALIZATION GROUP THEORY (Ettore Vicari)

Viene sviluppata la teoria del gruppo di rinormalizzazione alla Wilson, si presentano i paradigmi
fondamentali, quali i concetti di universalita', di flusso del gruppo
di rinormalizzazione nello spazio delle Hamiltoniane e dei suoi punti
fissi che descrivano molte proprieta' generali delle teorie. Vengono
illustrate le applicazioni nell'ambito dei fenomeni critici e delle
formulazioni delle teorie di campo quantistiche nel continuo,
vengono anche approfondite le relazioni le teorie di campo effettive
nell'ambito delle interazioni fondamentali.

(3b) LARGE N EXPANSION (Ettore Vicari)

Un approccio non-perturbativo molto utilizzato nell'ambito delle teorie di campo fortemente interagenti e' quello dello sviluppo rispetto all'inverso del numero di componenti del campo
fondamentale. Questo approccio permette di ottenere risultati
analitici basati sullo sviluppo del punto sella. Viene sviluppata in
dettaglio la soluzione per le teorie con simmetrie O(N) i cui campi
fondamentali sono scalari con N componenti, incluse le teorie di campo
nonlineari. Vengono illustrate le applicazioni ai fenomeni
critici. Inoltre si mostra come argomenti dello stesso tipo si
applichino alla teorie delle interazioni forti, fornendo informazioni
semiquantitative sulla fisica adronica, nonostante il limite di grande
N non sia stato analiticamente risolto.

(4a) ANOMALIE. In alcuni casi una simmetria della Lagrangiana presente a livello classico è rotta dal processo di quantizzazione. Quando questo accade si parla di una anomalia. In questo modulo vengono discusse le seguenti tematiche:

i) Path Integral e identità di Ward;
ii) Anomalie (chirale, di simmetria globale, di gauge); 't Hooft anomaly matching;

iii) Anomlia di traccia e simmetria di scala.
(4b) CONFORMAL FIELD THEORY (Alessandro Vichi)
Un punto fisso del gruppo di rinormalizzazione
possiede per definizione una simmetria di scala, in aggiunta alle solite simmetrie spaziali.
Queste simmetrie possono essere ulteriormente estese al gruppo di simmetria conforme,
ovvero l'€™insieme di trasformazioni che preserva gli angoli ma non le distanze.
Sfruttando a pieno questa proprieta` si possono estrarre informazioni generali sulle teorie di campo
che descrivono fenomeni critici e piu` in generale sul
comportamento a grandi o basse energie di una teoria di campo.
In alcuni casi e` anche possibile risolvere esattamente la teoria.
In questo modulo vengono affrontati i seguenti argomenti:
i) definizione di simmetria conforme;
ii) proprieta` delle teorie di campo conformi: ingredienti e condizioni di consistenza;
iii) esempi di teorie conformi: teorie di campo medio, teorie perturbative,
teorie esattamente solubili in 1+1 dimensioni;
iv) metodi numerici e analitici per estrarre informazioni: conformal bootstrap.

Indicazioni per non frequentanti

NA

Modalità d'esame

Prova orale conclusiva consistente in una discussione critica riguardante gli argomenti del corso, inclusa la soluzione di uno o piu` problemi a scelta fra quelli assegnati durante il corso. Nella versione da 9 CFU (6 CFU) lo studente potra` selezionare 3 (2) parti di suo interesse.

Ultimo aggiornamento 05/09/2022 08:29